Компьютер принимает гостей

А. К. ДЬЮДНИ

НЕДАВНО я устроил вечеринку, на которой сам присутствовать не мог. Восемь приглашенных мною персон были не похожи друг на друга ни по характеру, ни по роду занятий, ни по своим увлечениям. Среди них был, например, штангист Уолтер (или сокращенно Уолли). Уолтер был безнадежно влюблен в принцессу Пенелопу, утонченную, очень чувствительную женщину с аристократическими манерами, которая была также в числе приглашенных. В течение всего вечера Уолтер все время старался быть поближе к принцессе Пенелопе, в то время как она, наоборот, старалась держаться от него на расстоянии. Если оперировать количественными категориями, то Уолтеру, наверное, хотелось бы провести весь вечер на расстоянии одного метра от Пенелопы — быть еще ближе просто не позволяли приличия. Со своей стороны, Пенелопа чувствовала себя неловко, если ее поклонник находился к ней ближе, чем на пять метров. Однако, если Уолтер отдалялся еще больше, Пенелопа уже сама начинала маневрировать, чтобы несколько сократить расстояние между ними. По-видимому, ей все же нравилось находиться в поле зрения Уолтера.

Наверное, немногие наши читатели будут удивлены, узнав, что вечеринка состоялась в моем компьютере. Гости были представлены на экране дисплея в виде алфавитно-цифровых символов: например, Уолтера представляла буква W, а Пенелопу — буква *P*. По ходу вечеринки восемь моих гостей блуждали по комнате, казалось бы, в бесконечных поисках социального равновесия. Образовывавшиеся время от времени небольшие группы тесно общающихся людей распадались после присоединения к ним какой-нибудь новой персоны, которая каким-то непостижимым образом нарушала тонкий баланс, сложившийся в группе. Каждый из приглашенных старался придерживаться некоторой идеальной дистанции по отношению к другим. Он или она всегда перемещались в направлении, минимизирующем их неприятные ощущения. В условиях моей чисто абстрактной (и в то же время довольно типичной) вечеринки ощущение дискомфорта того или иного гостя измерялось суммой расхождений между идеальными и реальными дистанциями по отношению ко всем другим гостям.

ИМЯ (СИМВОЛ)	РОД ЗАНЯТИЙ
АРТУР (A)	ХУДОЖНИК
БЕРНИ (B)	БИЗНЕСМЕН
ДЕННИС (D)	ДАНТИСТ
МИЛЛИ (M)	МАНЕКЕНЩИЦА
ПЕНЕЛОПА (P)	ПРИНЦЕССА
СЬЮЗЕН (S)	БИРЖЕВОЙ МАКЛЕР
ВИОЛА (V)	СКРИПАЧКА
УОЛЛИ (W)	ШТАНГИСТ

Список гостей на компьютерной вечеринке

Все гости находились в одной прямоугольной комнате, значительную часть которой занимал широкий стол, уставленный всевозможными деликатесами. У каждой персоны была своя идеальная дистанция как по отношению к столу, так и по отношению к каждой другой персоне. Те, кто был на диете, предпочитали держаться на расстоянии полутора-двух метров от стола, в то время как другие гости чувствовали себя неуютно, если не были от него на расстоянии вытянутой руки. Однако это не означало, что любой гость, не находящийся на диете, сразу же направится к столу. Например, Артур, художник, был бы не прочь отведать чего-нибудь со стола, но Берни, бизнесмен (которого Артур не мог терпеть), загородил ему дорогу, говоря со своим собеседником о каких-то финансовых операциях.

Программа, которая провела описанную вечеринку, называется PARTY PLANNER (устроитель вечеринок). Так назвал ее автор Ричард Голдстейн, художник-программист, увлекающийся изобретением игр и живущий в Лос-Анджелесе (шт. Калифорния). Рич Голд (он предпочитает, чтобы его называли так), широко известен как автор игры «Маленькие компьютерные человечки», в которой воспроизводится изображение дома в поперечном сечении, где манекен (маленький компьютерный человечек) снует туда-сюда, занимаясь своими повседневными делами.

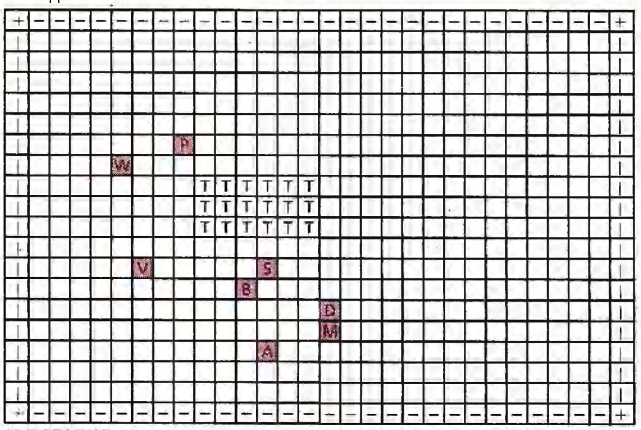
Название PARTY PLANNER Голд дал своей программе наполовину в шутку, наполовину всерьез. Он утверждает, что, закодировав вероятные взаимоотношения между гостями, приглашенными на прием, можно при помощи компьютерной модели предсказать, как будет развиваться общение между гостями, в терминах социальной динамики. Можно даже определить оптимальное расположение стола с закусками. Впрочем, проверить, насколько утверждения Голда соответствуют действительности, смогут, наверное, сами читатели, которые напишут свои собственные версии программы и попытаются применить ее на практике. Настоящие гости смогут по крайней мере посмеяться, наблюдая за поведением своих карикатурных представлений на экране дисплея.

Компьютерную вечеринку Голда можно провести в комнате, условно разделенной на 600 квадратов, которые организованы в массив размером 20 × 30. Каждый гость занимает один квадратный элемент этого массива. Программа PARTY PLANNER работает, рассматривая каждого приглашенного по очереди: она «мысленно» перемещает гостя на каждый из прилегающих восьми квадратов. В каждом положении программа вычисляет суммарное ощущение дискомфорта, испытываемое данной персоной. Тот из соседних квадратов, в котором сумма неприятных ощущений минимальна, выбирается в качестве нового положения гостя.

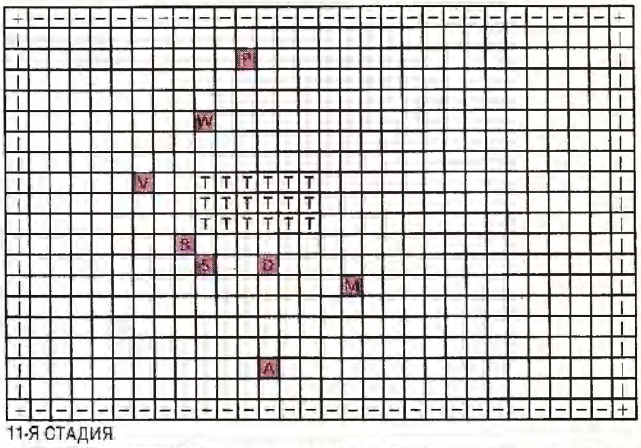
Организация такой вечеринки требует минимального опыта в программировании. Массив размером 20 × × 30 назовем *room* (комната). Поскольку элементами этого массива будут алфавитно-цифровые символы, *room* надо описать в программе как символьный массив. Стены и стол с закусками обозначаются фиксированными символами (см. рисунок на с. 83, стол обозначен символами T).

Программа PARTY PLANNER имеет довольно простую структуру, и ее можно описать на двух уровнях — внешнем и внутреннем. Сначала рассмотрим цикл, в пределах которого все гости бесконечно движутся по комнате, пока пользователь не нажмет клавишу пробела на клавиатуре. В алгоритмических обозначениях

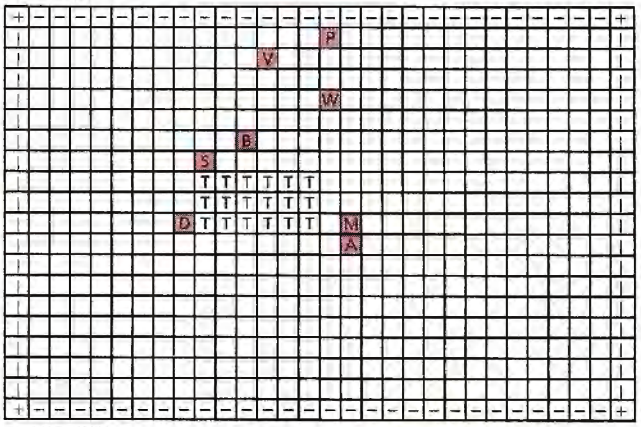
ИСХОДНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ



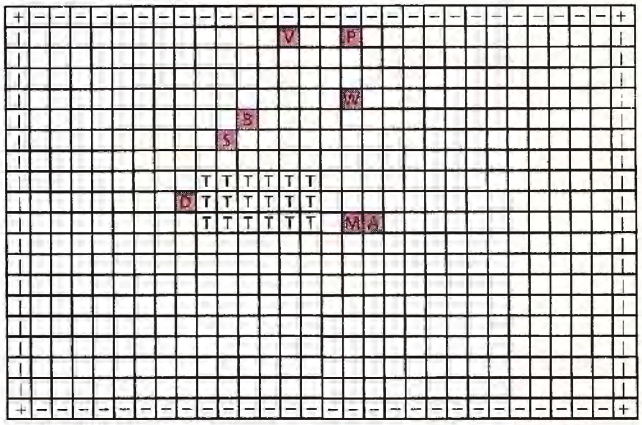
4-Я СТАДИЯ



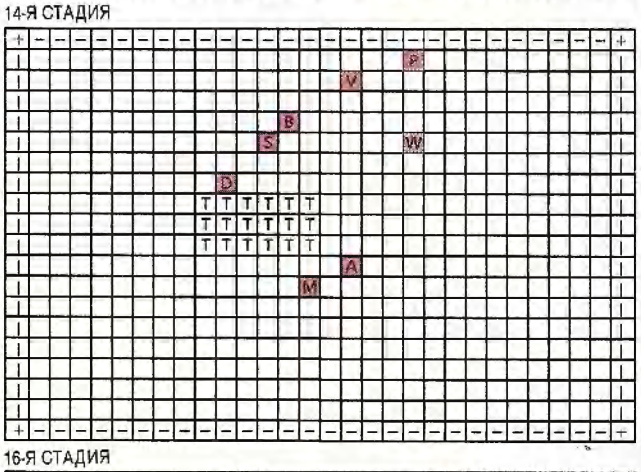
10-Я СТАДИЯ



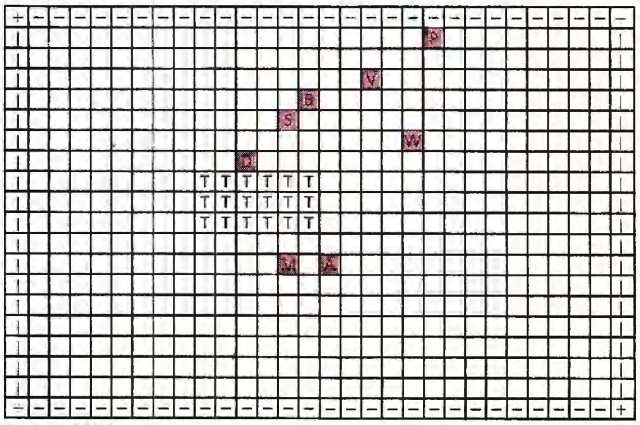
11-Я СТАДИЯ



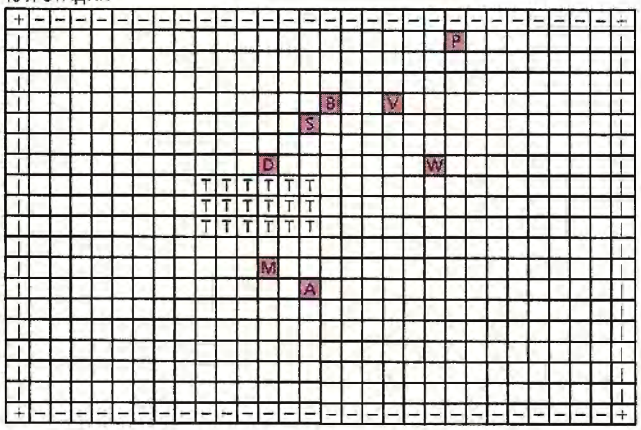
14-Я СТАДИЯ



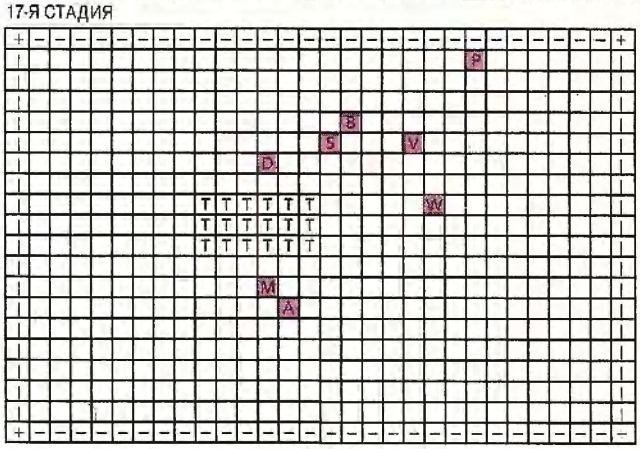
15-Я СТАДИЯ



16-Я СТАДИЯ



17-Я СТАДИЯ



Восемь стадий вечеринки

	A	B	D	M	P	S	V	W	T
A	0	15	7	2	6	9	4	12	1
B	8	0	6	4	6	3	2	10	1
D	11	4	0	5	12	2	9	6	1
M	6	9	3	0	10	7	13	5	5
P	3	10	5	14	0	11	7	15	5
S	12	2	4	8	5	0	12	4	1
V	7	8	14	10	4	13	0	3	5
W	6	7	13	6	3	8	9	0	5

Матрица идеальных расстояний

внешний уровень программы можно представить следующим образом:

```
повторять
  for i ← 1 to 8
    переместить i-го гостя
  вывести на экран room
до нажатия пробела
```

Внутри первого цикла «повторять» организован второй цикл, в котором восемь персон перемещаются на новые позиции. Ниже я раскрою все секреты процедуры перемещения i-го гостя. Процедура вывода на экран требует двойного цикла, в котором просматривается массив *room* после того, как вычислены новые позиции всех гостей. Используя, например, индексы j и k, процедура будет анализировать каждый элемент массива *room* (j, k) и выводить на экран символ, хранящийся в этом элементе, в соответствующей позиции.

Перемещение i-го гостя представляет собой уже более сложную операцию, поскольку его новая позиция будет зависеть от расположения всех других персон с учетом тех расстояний, на которых данный гость предпочитает находиться от остальных. Программа должна содержать таблицу, в каждом элементе которой дано расстояние, идеальное для гостя, указанного номером строки, по отношению к гостю, указанному номером столбца (см. рисунок вверху).

Такой массив, назовем его *ideal* (идеальный), должен быть оформлен в программе либо как файл данных, либо как набор операторов типа *data*. Элемент массива *ideal* (i, j) указывает расстояние, на котором i-й гость предпочитает находиться от j-го. Эта величина совсем не обязательно совпадает с величиной *ideal* (j, i). Например, Уолтер предпочитает находиться на расстоянии одного метра от Пенелопы, однако сама Пенелопа предпочитает, чтобы их разделяло не менее пяти метров.

В двух массивах x и y хранятся текущие координаты восьми персон. Во время любого вычислительного цикла i-я персона занимает квадрат с координатами $x(i)$ и $y(i)$. Сумма неприятных ощущений i-й персоны вычисляется следующим образом:

```
presum ← sum
sum ← 0
for j ← 1 to 8
  dist 2 ← [x(i) − x(j)]² +
           [y(i) − y(j)]²
  dist ← sqrt(dist2)
  sum ← sum + abs[dist − ideal(i,j)]
```

Тело цикла *for* пробегается не только для текущей позиции i-го гостя с координатами $x(i), y(i)$, но и для восьми прилегающих позиций, что в сумме дает 9 вычислений. При каждом новом вычислении текущее значение переменной *sum* запоминается в переменной *presum*, а затем это значение используется для сравнения. Далее переменной *sum* присваивается нулевое значение и вычисляется расстояние *dist* от i-й персоны до j-й. После этого вычисляется абсолютное значение разности между реальным и идеальным расстоянием (с точки зрения i-го гостя) и полученный результат прибавляется к накопленному значению суммы.

Всякий раз, когда вычислено новое значение *sum*, программа сравнивает его с предыдущим значением, запомненным в переменной *presum*. Если новая сумма меньше предыдущей, то программа запоминает соответствующие координаты. Следующий алгоритмический фрагмент показывает, как это можно сделать:

```
if sum < presum
  then xx ← x(i)
       yy ← y(i)
```

Таким образом, можно все время хранить те координаты, которые пока что минимизируют сумму неприятных ощущений для i-й персоны. После того как проведены расчеты для всех 9 позиций, i-я персона перемещается в ту позицию, которая дает минимальную сумму неприятных ощущений. Эти девять вычислений проще всего организовать в виде двойного цикла с использованием переменных x и y вместо элементов массива $x(i)$ и $y(i)$. Таким образом, значение переменной x будет варьировать в пределах от $x(i) - 1$ до $x(i) + 1$, а y будет меняться соответственно от $y(i) - 1$ до $y(i) + 1$. Построить цикл можно просто, прибавив значения приращений dx и dy к величинам $x(i)$ и $y(i)$ соответственно:

```
for dx ← −1 to 1
  for dy ← −1 to 1
    x ← x(i) + dx
    y ← y(i) + dy
```

Наконец, желающим написать программу для проведения вечера нужно напомнить еще об одной детали: гости не должны проходить сквозь стены или забираться на стол с угощениями. Поэтому всякий раз при выборе очередной пары координат для вычислений программа должна сравнивать их с определенными граничными значениями, которые соответствуют контурам стен и стола. В массиве *room*, используемом в описываемой версии программы, четырем стенам соответствуют значения $x = 1$, $x = 30$, $y = 1$ и $y = 20$. Если значение какой-либо координаты i-й персоны совпадает с соответствующим значением координаты стены, вычисление суммы неприятных ощущений для данного квадрата не должно проводиться. То же самое можно сказать и относительно стола, который в моей комнате занимает прямоугольную область, ограниченную по оси x значениями координат от 10 до 15, а по y — от 9 до 11. Если значение x принадлежит первому диапазону, а y — второму, то гость, занимающий данную позицию, неминуемо нанесет ущерб собственности хозяина. Поэтому для позиций с такими координатами вычисления также не проводятся. Кое-кто, возможно, будет настаивать и на соблюдении еще одного требования: чтобы гости не переходили друг через друга. Однако на хорошо спланированных приемах это случается не так уж часто, поэтому данное условие можно не предусматривать.

Перед началом выполнения программы PARTY PLANNER следует выбрать и указать исходные позиции всех приглашенных. Это можно сделать, либо введя соответствующие координатные значения, либо предоставив программе возможность самой выбрать эти значения произвольным образом. В последнем случае нужно наложить условие, чтобы выбор не пал на квадраты, занятые столом или стеной.

Мэги, мой помощник по вопросам кибернетики, поэкспериментировал с несколькими вариантами программы PARTY PLANNER. Почему, рассудил он, каждый из приглашенных должен обязательно иметь некоторую идеальную дистанцию по отношению ко всем остальным гостям? Возможно, кое-кому совершенно неважно, на каком расстоянии он находится от некоторых других гостей. Если это так, то Мэги заполняет соответствующую ячейку матрицы идеальных дистанций значением -1. Когда программа доходит до места,

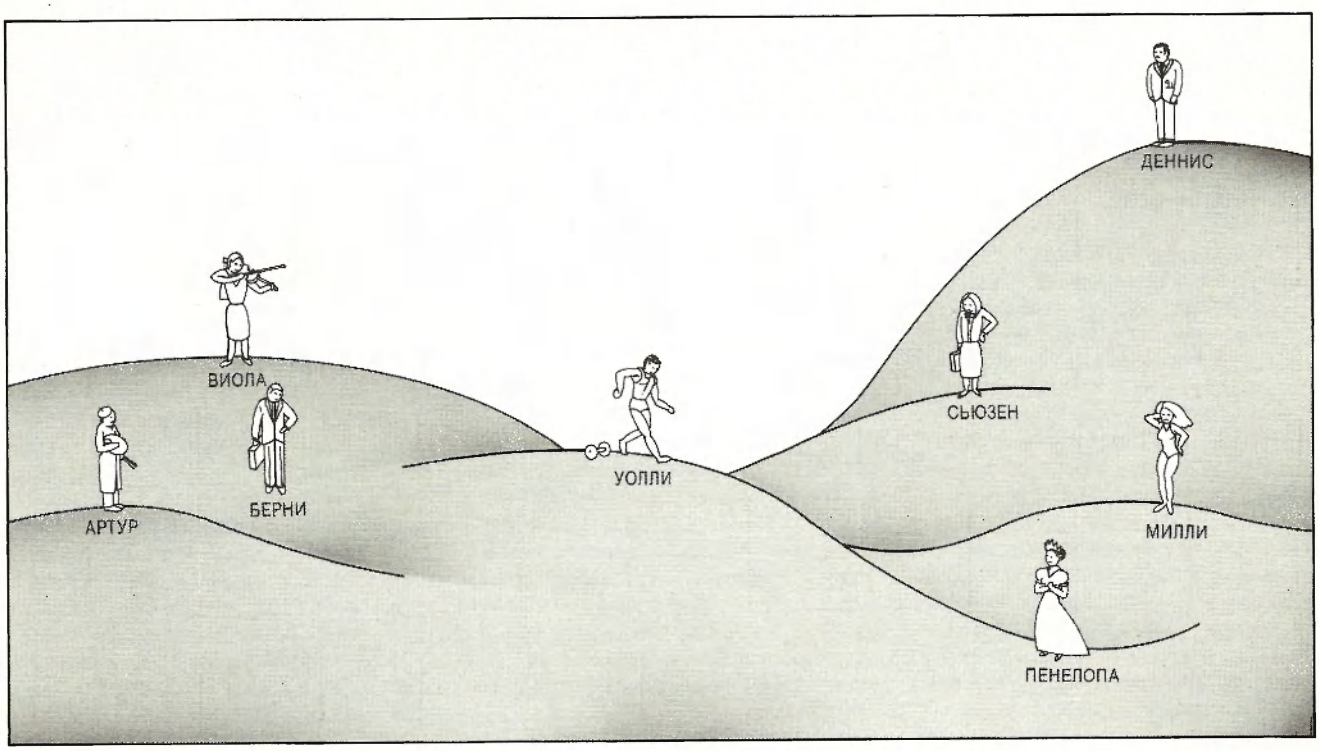
где она должна вычислить ощущения данной персоны по отношению к другим, она сначала просматривает значения идеальных дистанций в матрице. Если значение равно -1, то вычисление не производится, ибо рассматриваемая в данный момент другая персона никак не влияет на сумму приятных или неприятных ощущений того гостя, для которого эта сумма подсчитывается.

Я рекомендую читателям поэкспериментировать с различными конфигурациями комнаты, числом приглашенных и массивом идеальных дистанций. Голд предлагает даже проводить то, что он называет «иррациональными вечеринками», когда гости приглашаются как бы с улицы. Другими словами, массив идеальных дистанций заполняется случайными целыми числами, принадлежащими определенному диапазону, например от 1 до 25.

Интересно поэкспериментировать и с различными заранее составленными списками гостей. В этом случае результаты их встречи можно предсказать до того, как они соберутся в одной комнате. Например, если все значения идеальных дистанций превышают размеры комнаты, то приглашенные будут прижиматься к стенам, тщетно пытаясь избегать контактов с остальными гостями. (Мне приходилось бывать на таких приемах.) Если же, с другой стороны, идеальные дистанции достаточно малы, то гости тесно сплачиваются в одну группу, увлеченно беседуя около стола с закусками. Весьма забавные результаты можно получить, установив «замыкающийся круг» односторонних симпатий: A любит B, но B терпеть не может A. В то же время B любит C, но C ненавидит B. Эта цепочка взаимоотношений продолжается до тех пор, пока не замкнется снова на A. В зависимости от расположения гостей в начальный момент мы будем наблюдать те или иные вариации всеобщего бесконечного преследования с возникающими время от времени романтическими завихрениями и тупиковыми ситуациями.

Понятие идеальной дистанции не является чисто математической фикцией. Психологи в своих исследованиях пользуются аналогичным понятием, называемым социальной дистанцией. В наших повседневных взаимоотношениях с другими людьми мы склонны придерживаться определенной дистанции в зависимости от нашего природного темперамента, общительности и отношения к тому или иному человеку. Вопросы, связанные с изучением социальных дистанций, образуют целое научное направление. К открытиям в этой области можно отнести то, что социальные дистанции определяются отчасти такими факторами, как культурный уровень, социальная роль и половая принадлежность. Например, жители Северной Америки иногда чувствуют себя немного неловко, общаясь с людьми из тех стран, где социальные дистанции меньше. Это явление можно изучить, подобрав соответствующим образом группу в программе PARTY PLANNER. Допустим, половина гостей предпочитает находиться на расстоянии одной трети метра от собеседников, а другая половина чувствует себя непринужденно, когда дистанция составляет один метр. Будут ли гости бесконечно переходить с места на место или же в конце концов возникнет какая-то стабильная конфигурация?

Этот вопрос волей-неволей приводит нас в область, изучающую поведение динамических систем. Если интерпретировать описанную выше вечеринку на языке абстрактных понятий, то она состоит из матрицы дистанций, двумерного клеточного пространства (оно может быть как конечным, так и бесконечным) и множества символов, перемещающихся по очереди в соответствии со значениями потенциальной функции. С точки зрения какого-то определенного символа (т. е. гостя), пространство представляет собой холмистую равнину. Высота любой точки этого динамического ландшафта является значением потенциальной функции для данного символа. Это значение представляет собой просто сумму разностей между дистанциями матрицы и реальными дистанциями, отделяющими данный символ от остальных.



Штангист Уолли спускается с «холма несчастья» по направлению к принцессе Пенелопе

Движение символа аналогично движению шарика, катящегося под действием силы тяжести — шарик всегда предпочитает катиться «под гору». Согласно этой аналогии, Голд иногда образно говорит, что гости, приглашенные на его компьютерные вечеринки, постоянно пребывают в поисках «долины удовольствия». В то же время каждый из символов располагается в своем собственном ландшафте, вообще говоря отличающемся от других. То, что для одного гостя «долина удовольствия», для другого — «холм несчастья» (см. рисунок на с. 85).

При заданном клеточном пространстве, будь то гостиная или бесконечная плоскость, или замкнутое тороидальное пространство, разновидности которого так часто встречались в статьях нашей рубрики, абстрактного исследователя всегда интересуют простые вопросы: какие матрицы дистанций гарантируют, что символы рано или поздно придут в статическое состояние? При каких матрицах в поведении системы гарантированно возникают периодические закономерности? Отметим, что второй вопрос имеет смысл только в случае бесконечного пространства. В конечном же пространстве какая-то конфигурация должна неизбежно повториться. После этого поведение символов станет полностью периодическим. Поэтому перефразируем второй вопрос следующим образом: при каких матрицах дистанций в бесконечном пространстве никогда не возникнет периодического поведения?

Особенно интересную версию программы PARTY PLANNER Голд написал применительно к географии. Представьте себе, что вы пригласили в качестве гостей программы (в очень большую комнату) восемь крупнейших городов США. Другими словами, пусть идеальные дистанции между любыми двумя гостями соответствуют расстояниям между городами. Удивительно, что при произвольном исходном расположении таких гостей они, поблуждав какое-то время согласно правилам игры, останавливаются в конце концов в позициях, точно соответствующих географическому расположению городов относительно друг друга. Читатели, которые попробуют провести этот эксперимент, возможно, будут озадачены, когда перед ними возникнет географическая карта, перевернутая вверх ногами или наклоненная под каким-то углом к своей обычной ориентации, однако во всем остальном эта карта будет бесспорно правильной. Предположительно, это явление будет наблюдаться для любого набора расстояний между точками на плоскости.

Как художник Голд является представителем направления, которое он называет алгоритмическим символизмом. Программа PARTY PLANNER была создана вовсе не потому, что Голд испытывал затруднения, планируя свои вечеринки, она была следствием его занятий живописью. Вот что он пишет: «Эти композиции должны были состоять из самых разнообразных предметов, таких как апельсины, яблоки, скрипки, молотки и т. д. Я хотел построить композицию так, чтобы сходные между собой предметы располагались по соседству друг от друга, в то время как предметы, не похожие друг на друга, разделяло большое расстояние. Я построил матрицу, содержащую идеальные дистанции от каждого данного предмета до каждого другого, однако вскоре мне стало ясно, что найти в уме подходящее расположение очень трудно... И я подумал, а что если бы я смог оживить... эти предметы и позволил им свободно блуждать по потолку, отыскивая удобное для них положение? Я совсем не ожидал, что увижу такой красивый танец в исполнении предметов, пытающихся минимизировать свои неприятные ощущения. Так родилась идея устроителя вечеринок!»

Отметим, что любители компьютерных игр в США, вместо того чтобы потеть над созданием своей собственной программы, могут приобрести у Голда дискеты с готовой программой для персонального компьютера IBM и совместимых с ним машин, а также версию для компьютеров серии APPLE.

К теме настоящей статьи мы вернемся через четыре месяца, а не через три, как это было до сих пор. То же самое касается всех наших будущих публикаций — мы будем возвращаться к ним через четыре месяца со времени появления их в журнале. Я с удовольствием готов посвятить одну страничку «светской хронике», где будут описаны наиболее интересные вечеринки, устроенные нашими читателями.

Наука и общество

Два шага вперед...

С ТЕХ ПОР как в 1980 г. при Национальном управлении по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) был создан комитет по изучению планет Солнечной системы, указывает его председатель Д. Моррисон в недавнем письменном послании руководителю НАСА Дж. Флетчеру, «каждые сделанные нами два шага вперед сопровождались тремя шагами назад». В то время как планы запуска космонавтов пребывают в забвении (администрация Рейгана пока никак не отреагировала на предложенные в прошлом году Национальной комиссией по исследованию космического пространства рекомендации относительно того, чтобы в качестве национальной цели была принята программа исследования Марса с помощью запуска туда человека, а вокруг плана создания космической станции все еще ведутся споры), научные исследования космоса с помощью непилотируемых аппаратов становятся все менее интенсивными.

В послании Моррисона, которое по существу является последним отчетом о деятельности возглавляемого им комитета, выражается недовольство тем, что большинство рекомендаций, сформулированных комитетом ранее и имеющих своей целью придать новый импульс программе планетных исследований, были проигнорированы. Он указывает, что сумма бюджетных ассигнований на 1988 г. в размере 310 млн. долл., на которых настаивает НАСА, для изучения планет Солнечной системы составляет менее одной четверти той суммы, которая ежегодно отпускалась на те же цели в начале 70-х годов. Сокращение числа запусков космических кораблей вследствие трагедии, постигшей «Челленджер», усугубило «нежелание брать на себя какие-либо обязательства». Моррисон считает, что на ближайшие три года ассигнования на указанные цели должны быть удвоены и, кроме того, необходимо принять «специальное обязательство и сформулировать вполне осознанные долгосрочные цели».

Моррисон пишет, что после запуска к другим планетам космических станций, которые уже включены в план: «Галилея» к Юпитеру, «Магеллана» к Венере и «Марс обсервера» к Марсу,